



# Modulowatt

**FACILITER L'INTÉGRATION DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE  
DANS SON ENVIRONNEMENT POUR GÉNÉRALISER SON USAGE**



Sommaire



<b>Modulowatt en 5 points</b> ■	<b>4</b>
Une approche globale de l'introduction du véhicule électrique	5
AMARE, l'Accrochage Mécanique Automatique à Rendez-vous Electronique	5
Une passerelle pour la fourniture de services	5
Une gouvernance internationale	7
Un déploiement progressif	7
<b>La mobilité du futur selon Modulowatt</b> ■	<b>8</b>
Imaginez...	9
<b>L'initiative Modulowatt : du besoin à la stratégie</b> ■	<b>10</b>
Quelles sont nos finalités ?	11
Sur quels besoins se fonde notre démarche ?	12
Quelle est la contribution de Modulowatt ?	14
Quels sont les enjeux et les bénéfices attendus ?	17
Quelle est la situation de Modulowatt aujourd'hui ?	20
Quelles sont les prochaines étapes ?	22
<b>Compléments thématiques</b> ■	<b>26</b>





**Modulowatt**  
en 5 points



## Une approche globale de l'introduction du véhicule électrique ■

Le succès du véhicule électrique n'est pas qu'une question d'architecture véhicule, ou un problème de batteries, c'est également une question d'intégration dans un environnement qui tienne compte de ses besoins et de ses contraintes. A un horizon visible, les véhicules électriques ressembleront encore aux véhicules thermiques actuels, seule leur autonomie les différenciera. L'utilisateur devra donc gérer l'alimentation de son véhicule comme il gère celle de son ordinateur ou de son téléphone mobile, c'est-à-dire en le rechargeant le plus souvent possible. A long terme, l'opération de recharge des batteries ne pourra plus se suffire d'une rallonge lourde, sale, parfois mouillée, avec un paiement par carte de crédit. Au quotidien, seul un réseau de bornes à connexion et paiement automatiques sécurisés pourra être acceptable par un automobiliste. Il faut donc prévoir et mettre en place un système.

## AMARE, l'Accrochage Mécanique Automatique à Rendez-vous Electronique ■

Ce dispositif consiste à mettre à la disposition du conducteur un moyen de positionner précisément son véhicule par rapport à une borne ou à un autre véhicule électrique, puis d'établir automatiquement une connexion mécanique et électrique permettant le rechargement des batteries du véhicule et, éventuellement le déplacement de quelques véhicules en convoi, à des fins de repositionnement ou de dépannage.

## Une passerelle pour la fourniture de services ■

En dotant chaque véhicule d'une identité solide dans le réseau grâce au M.A.N. (Modulowatt Addressing Number), il est facile de gérer un compte associé au véhicule et aux différents fournisseurs de services pour vendre l'électricité et le stationnement, avec une facturation par tickets comme dans le monde des télécommunications. D'autres services tels que des informations routières, des prestations de conduite ou de maintenance, ou encore de la musique et des films, peuvent être vendus de la même façon grâce au M.A.N. Cette vente de services au véhicule placée sous la responsabilité du constructeur peut permettre à celui-ci de récupérer une partie de la valeur ajoutée des services en développement qu'ils soient liés ou non à l'électrification des véhicules. Le constructeur étend son métier d'intégrateur d'équipements à celui d'intégrateur de services.





## Une gouvernance internationale ■

Le développement du véhicule électrique est une problématique mondiale qui suppose une normalisation sur de grandes zones géographiques. Aucun constructeur ne peut prétendre imposer seul son système. Les constructeurs ont la responsabilité du fonctionnement des véhicules et doivent avoir la maîtrise des accès aux commandes et logiciels implantés. Modulowatt a prévu de créer une association pilotée par les constructeurs et les équipementiers pour gérer la compatibilité des interfaces de connexions et d'échanges, et en particulier le plan d'adressage. Membres opérationnels, les constructeurs, les fabricants de bornes et les fournisseurs de services disposent de ressources de numérotation leur permettant d'intégrer dans le système leurs véhicules, leurs bornes et leurs plateformes de service.

## Un déploiement progressif ■

L'électrification du parc, la mise en place des réseaux de bornes prendront quelques dizaines d'années. Il faut gérer cette transition de manière progressive à tous les niveaux : usages, occupation de l'espace public et emplois industriels. Les solutions techniques préconisées par Modulowatt permettent de partager des bornes, de conserver la propriété individuelle des véhicules et le caractère B2C du métier de constructeur. Elles permettent aussi de développer des groupes électrogènes auto- moteurs (ou « range extenders »), que l'on pourra louer comme un service et qui fonctionneront au début avec des moteurs thermiques.



La mobilité du futur  
**selon Modulowatt**



## Imaginez... ■

Une ville avec un parc automobile constitué essentiellement de petits véhicules électriques compatibles

Des véhicules électriques en pleine propriété ou en libre-service



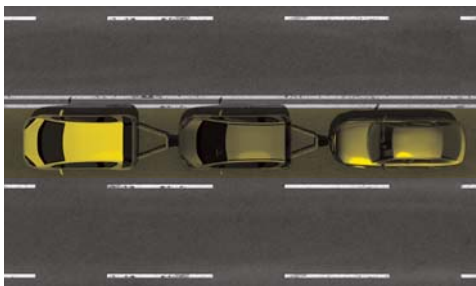
Une place de stationnement rattachée à une borne de recharge automatisée à raccordement multiple et anti-vol

Le repositionnement de véhicules en libre-service ou auto-partage



Le dépannage de véhicules à court d'énergie

Un système de facturation à distance du « plein d'énergie » et de la location en libre-service des véhicules ou des groupes électrogènes



Des parkings automatiques à haute densité de véhicules



L'initiative Modulowatt :  
**du besoin à la stratégie**



## Quelles sont nos finalités ? ■

Dans le contexte actuel, **les contraintes écologiques et la raréfaction des ressources fossiles** poussent à promouvoir le véhicule électrique.

**Modulowatt se donne pour dessein de faciliter le développement du véhicule électrique et son intégration dans l'environnement quotidien.**

Modulowatt réunit, dans une organisation participative et adaptable (association Loi 1901), compétences et partenaires capables de définir, éprouver et rendre disponibles des dispositifs nouveaux appropriés aux caractéristiques et besoins du véhicule électrique.

Modulowatt n'a pas pour objectif de fabriquer ou de vendre des véhicules électriques ni des composants de véhicules électriques mais de fournir, à travers la société d'ingénierie, **Modulowatt Ingénierie**, les savoir faire au monde de l'industrie ou des services qui gravitent autour de l'électro-mobilité.

## Sur quels besoins

### se fonde notre démarche ? ■

La réduction certaine à moyen terme des ressources pétrolières, la volatilité des prix des carburants fossiles et la montée en puissance des préoccupations environnementales conduisent les pouvoirs publics à promouvoir des véhicules « propres » utilisant en partie ou en totalité de nouvelles sources d'énergie ; l'électricité vient en tête.

Concrètement, en France, les pouvoirs publics ont lancé un plan national de développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables et par voie de conséquence des infrastructures de charge, avec pour objectif, d'ici 2015, 100 000 véhicules électriques en circulation pour atteindre 2 millions de véhicules électriques en circulation en 2020 ; 1 million de prises de recharge prévues dès 2015, dont 75 000 dans le domaine public, 4.5 millions en 2020<sup>1</sup>.

L'existence en France d'électricité d'origine nucléaire est un facteur favorable. Le véhicule électrique ne dégage pas de CO<sub>2</sub>, ni en fonctionnement ni a fortiori à l'arrêt, en cours de trajet. Il s'inscrit donc dans une perspective de préservation de l'environnement.

Le véhicule électrique a un bon rendement<sup>2</sup>, il est silencieux, et peut remplir pour des trajets courts, la plupart des fonctions qu'utilise habituellement un conducteur de véhicule thermique.

Comme tout véhicule autonome, le véhicule électrique implique un réservoir d'énergie adapté à son usage ; or les batteries utilisables aujourd'hui ont une capacité relativement réduite ; leur coût est élevé<sup>3</sup> ; et il n'y a pas de progrès majeur viable à en attendre sur l'horizon visible.

**Pour contourner cette difficulté, il y a deux voies :**

- Élaborer des dispositifs d'échange de batteries déchargées contre des batteries chargées ; ceci implique la production et donc la destruction in fine d'un plus grand nombre de batteries, en tous cas, au minimum plus de deux par véhicule, en moyenne ; ce qui majore d'autant les investissements à faire et le coût des déchets à éliminer.
- Multiplier sur le territoire les postes de recharge autres que celui du domicile : stations services, parcs publics de stationnement, etc... et charger plus souvent pendant un temps plus court<sup>4</sup> ; ceci implique que cette opération soit banale et facile à tous points de vue : disponibilité des bornes de charge, accès automatique, paiement informatisé.

Modulowatt privilégie cette deuxième voie et propose **les outils logistiques et de communication** qui la rendront viable, techniquement et économiquement, sans pour autant exclure, la solution d'échange de batteries ; les batteries s'échangent sous les véhicules entre les 4 roues ; les attelages Modulowatt se situent à l'avant des roues avant et derrière les roues arrière.

Ces mêmes outils fournissent une bonne réponse dans toutes les situations où l'on a besoin **d'associer des véhicules**. Le **système d'attelage inter-véhicule** grâce à la prise avant/arrière permet d'envisager la multi-recharge en ligne à une seule et même borne, optimisant ainsi le nombre de points de recharge sur la voie publique. Grâce au **déplacement en convoi**, il est possible de répondre aux contraintes inhérentes à **l'autopartage** qui implique, après utilisation, le **repositionnement** des véhicules dans les lieux de départ adéquats ; les équipements de base sont les mêmes, l'accès automatique à une borne implique les mêmes processus que l'attelage automatique entre véhicules électriques. Dans tous les cas, **le déplacement en convoi minimise la consommation et permet le dépannage** ; tout convoi de véhicule en état de rouler peut être piloté par un chauffeur éventuellement professionnel unique, sans problème de sécurité, quelle que soit la longueur du trajet.

Ainsi l'initiative Modulowatt vise à répondre très concrètement aux **besoins de la collectivité** en facilitant l'usage quotidien de ce moyen de transport ; elle est également en mesure de contribuer aussi à l'évolution de l'activité industrielle.

<sup>1</sup> Source : EDF - Direction des Transports et Véhicules Electriques (novembre 2009).

<sup>2</sup> Un moteur à essence a un rendement d'environ 30 % et un moteur électrique peut atteindre 90% : à frottements égaux pour 1 kWh fourni il permet de faire 3 fois moins de chemin.

<sup>3</sup> C'est un des organes les plus chers du véhicule électrique Une batterie lithium-ion coûte aujourd'hui 50 euros du kg, pour 150wh produits, ce qui permet de faire 0,5 km ; pour faire de 100 km, il faut une batterie de 200 kg qui vaut 10 000 euros.

<sup>4</sup> Le premier quart de recharge se fait dans un temps de l'ordre de 10% du temps correspondant à la charge complète.

## Quelle est la contribution de Modulowatt ? ■

Elle comporte 2 volets majeurs : une technologie spécifique, un partenariat de choix.

### **Volet technique : une solution de référence à faisabilité démontrée**

#### → Principe

- un système d'accrochage mécanique automatique à rendez-vous électronique d'un véhicule à une borne, d'un véhicule à un autre véhicule,
- un plan d'adressage Modulowatt<sup>1</sup>, utilisé pour l'identification au moment de la connexion ; il permet le contrôle du transfert d'énergie de charge et le collationnement des informations de gestion générales : facturation, entretien, maintenance, réservation, etc...
- par extension d'usage, le dispositif de couplage ainsi constitué permet également dans un premier temps, l'accrochage véhicule-véhicule en attelage monotrace<sup>2</sup>, la recharge automatique multi-véhicules<sup>3</sup>, et la constitution de convois.

#### → Validation

- un démonstrateur est en cours de mise au point, selon une démarche dûment contrôlée ; le projet AMARE<sup>4</sup> comporte deux phases :
  - d'ici fin 2010 sera réalisé le dispositif d'attelage automatique proprement dit, et sa validation en vraie grandeur, en utilisant 3 véhicules électriques différents et une borne de recharge automatique. Ce dispositif sera présenté au **Mondial de l'Automobile 2010**.
  - fin 2011 seront réalisés les compléments nécessaires au transfert d'énergie dans les diverses situations réelles, et leur validation en vraie grandeur sur les 3 véhicules ci-dessus.

#### → Résultat attendus, au-delà de l'automatisme d'accès à la recharge

- la borne standard capable de charges multiples séquencées sera validée ipso facto ; de même le système constitué de véhicules électriques, de bornes, et de la logistique de distribution d'énergie pourra être supporté et régi par un ensemble de normes homogènes qui faciliteront un déploiement sûr et rapide,
- le déploiement en utilisation réelle pourra commencer ; il sera facilité et soutenu par l'action des partenaires du consortium AMARE.

#### → Consommations :

- moyennant la validation du transfert des informations de consommation à un dispositif économique approprié, Modulowatt pourra délivrer un ensemble complet de normes et procédés automatisés depuis l'accès à la charge en tout lieu, jusqu'à la facturation.

### **Volet partenariat : des compétences reconnues, motivées et actives**

L'initiative Modulowatt réunit en partenariat, par le biais d'une association (Loi 1901), un ensemble de compétences éprouvées en matière de véhicule automobile.

- Elles viennent des différents métiers impliqués : constructeur automobile, fabricant de bornes, équipementier, groupe industriel, sociétés d'ingénierie, laboratoires de recherche, société de conseil et d'assistance en maîtrise d'ouvrage.
- Cette équipe possède les savoir-faire nécessaires pour préciser les besoins, définir, réaliser et valider les options techniques ci-dessus ; et notamment, pour faire exécuter les travaux de normalisation nécessaires.
- Cette équipe joue un rôle fédérateur vis-à-vis des pouvoirs publics, des organismes de normalisation internationaux.
- La propriété intellectuelle est partagée entre ses adhérents ; elle est cessible à d'autres acteurs.
- Les partenaires industriels représentés peuvent développer industriellement des dispositifs particuliers, compatibles avec le système Modulowatt.

### **Aspect budgétaire**

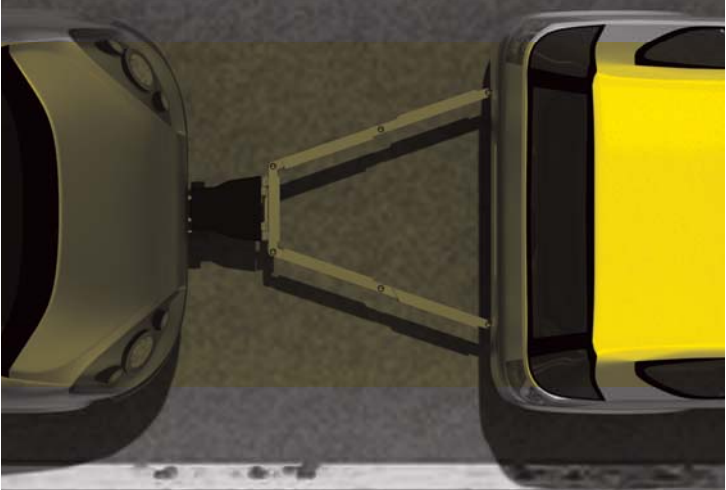
- L'initiative Modulowatt a été lancée avec une mise de fonds réalisée par son fondateur, Alain Bernard.
- Les partenaires contribuent par la fourniture de compétences, moyens divers, et équipements particuliers au projet de démonstration AMARE.

<sup>1</sup> Construit autour du MAN (Modulowatt Addressing Number).

<sup>2</sup> A des fins de repositionnement des véhicules en libre-service ou en auto-partage.

<sup>3</sup> A des fins d'optimisation des infrastructures de charge.

<sup>4</sup> AMARE = Accroche Mécanique Automatique à Rendez-vous Electronique.



## Quels sont les enjeux et les bénéfices attendus? ■

Ils sont en relation avec les orientations prises au niveau national pour favoriser le développement du véhicule « propre », préserver les ressources et l'environnement, orientation en cours d'intégration au niveau international.

Un simple repère : 25% du parc automobile mondial constitué de véhicules électriques en 2050 représenterait par exemple pour la seule France environ 8 millions de véhicules électriques. Une évaluation moins ambitieuse (4 fois l'objectif 2020) conduirait à 4 millions de véhicules électriques.

Aux vues des quantités en jeu, même approximatives, tout gain fait grâce aux apports de Modulowatt sera démultiplié par un facteur considérable ; les bénéfices économiques se manifestant à 3 niveaux :

- **Au niveau de la collectivité** par exemple, le déploiement de bornes multi-véhicules permettra soit de réduire le coût de mise en œuvre de l'infrastructure de distribution, soit d'en accélérer la mise en œuvre à coût égal.
- **Au niveau des entreprises** liées au métier du transport, il se créera des activités spécifiques originales : attelages, bornes, automatismes, communication. Les constructeurs automobiles qui assument notamment la garantie de sécurité des véhicules, et qui verront une partie de leurs activités s'amoindrir (moteurs par exemple), seront en mesure d'intervenir dans la logistique de distribution d'énergie : ils attribueront le code M.A.N. qui régit l'identification des véhicules et de leur composants, ce qui constituera une source nouvelle de revenus. Enfin, une partie des flux d'activités nouvelles ira vers les entreprises de service.
- **Au niveau de l'utilisateur** (conducteur) : la facilité et la simplicité d'accès aux sources d'énergie en ville ou sur route le libèreront des incertitudes d'aujourd'hui ; il adoptera plus aisément ce moyen de transport ; c'est important, car c'est de son **adoption** ou non que dépend l'avenir du véhicule électrique.

On a également mentionné l'intérêt réel, mais non mesurable pour notre pays, de disposer d'un savoir faire qui lui permette de prétendre à un leadership international.



## ACTIVITÉS LIÉES AU VÉHICULE ÉLECTRIQUE



## Quelle est la situation de Modulowatt aujourd'hui? ■

Deux points forts : les actions en cours menées et l'organisation en place

### Actions en cours

Elles se déploient dans 3 directions :

- En tout premier lieu, Modulowatt réalise le démonstrateur ; celui-ci fait l'objet du projet AMARE ; son déroulement est détaillé dans la fiche « Projet AMARE ». Du 14 décembre 2009 au 19 février 2010, les Innovation Days de Modulowatt ont été l'occasion de la présentation publique de la version mécanique à l'échelle 1 de l'attelage.
- Modulowatt fait agréer son initiative auprès du Fonds Démonstrateur de l'ADEME, en répondant à un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) sur le véhicule « décarboné » lancé le 26 juin 2009. La réponse positive, obtenue en janvier 2010 permet au-delà d'une contribution financière très utile, de consacrer la dimension nationale voire internationale du projet.
- Modulowatt poursuit la recherche de partenaires intéressés par le potentiel que représentent les dispositifs et concepts de l'initiative.

### Organisation en place

Modulowatt a été créé le 24 octobre 2007.

Modulowatt s'adapte aux étapes de progression de l'Initiative ; voici son organisation actuelle :

- Modulowatt (association Loi 1901), qui pilote l'ensemble des travaux à mener.
- Un effectif réduit de permanents, d'animateurs ou de consultants experts.
- Modulowatt Ingénierie (société d'ingénierie).
- La structure de projet AMARE faisant appel aux compétences de ces différentes entités.
- Les partenaires membres ou non de l'association.

L'**association** a pour objet de développer et de promouvoir des normes permettant à des véhicules électriques de marques différentes de pouvoir se connecter à une infrastructure de charge automatique, en solo ou en grappe, de circuler en convoi sur la voie publique ; la circulation en convoi étant la forme la plus élaborée de l'initiative.

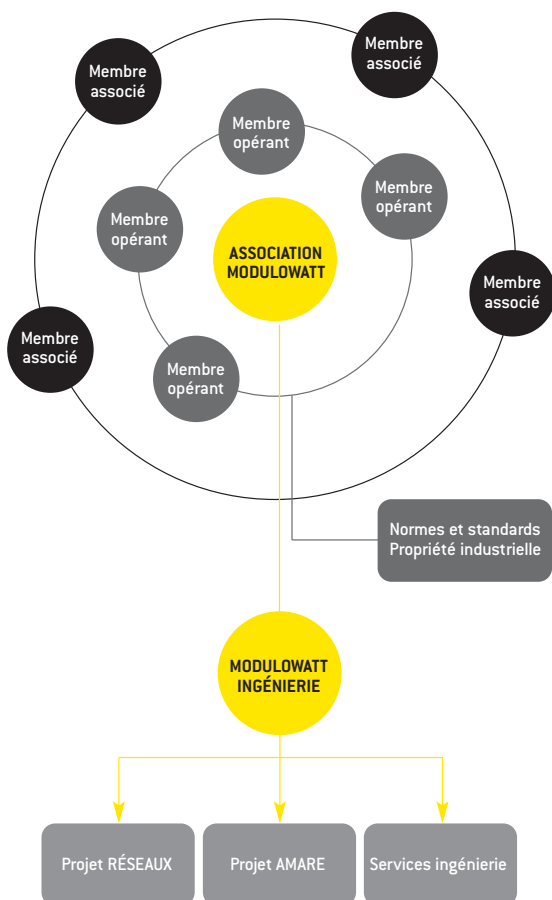
Le **conseil de l'association** a pour mission particulière de constituer et de faire fonctionner l'instance de normalisation des normes et protocoles servant de référentiel au système ; et de gérer le partage de la propriété industrielle ; c'est à l'image d'AUTOSAR et de ce qui a été fait au moment du GSM, après le W3C, en matière de téléphonie mobile.

La **société d'ingénierie** fournit l'équipe de management technique et opérationnel du projet AMARE ; son objet : le pilotage des études techniques et l'élaboration de prestations de service dans le domaine des transports et de la mobilité, avec une compétence particulière sur les techniques liées au projet Modulowatt, et toutes activités connexes.

Le détail de l'organisation du **projet AMARE** figure dans la fiche « projet AMARE » ; à noter que le projet sera soutenu pour sa « gestion de projet » par des consultants de la société 4icom.

Les **partenaires** participent aux orientations, à la normalisation, fournissent des compétences, ont accès à la propriété intellectuelle Modulowatt.

#### ORGANISATION DE MODULOWATT



## Quelles sont les prochaines étapes ? ■

L'initiative se poursuit selon **plusieurs lignes d'action stratégiques** : projets techniques, architecture de système, déploiement et transitions.

### Les projets techniques

Le projet **AMARE** met en relief la faisabilité du système **Modulowatt** au niveau des couples véhicule-borne, véhicule-véhicule, à savoir les mécanismes et automatismes d'approche, de connexion et de transfert d'énergie ; la capacité de roulage monotrace d'un attelage de véhicules. Au-delà de cette démonstration de logistique visible, il convient de préciser et normaliser les dispositifs moins visibles mais tout aussi nécessaires de communication.

**Un deuxième projet est donc en cours de définition, le projet RÉSEAUX :**

Les différents réseaux de communication qui seront utilisés individuellement ou conjointement pour effectuer toutes opérations d'échange d'information associées au véhicule électrique appartiennent à deux groupes :

- Les réseaux embarqués dans le véhicule.
- Les réseaux généraux externes au véhicule.

Le projet **AMARE** doit mettre en œuvre et compléter les réseaux locaux embarqués dans le véhicule, en tout ce qui concerne les opérations exécutées à la borne pour un véhicule isolé ou un convoi.

Le projet **RÉSEAUX** complètera le **projet AMARE** ; il a pour objet l'insertion du véhicule électrique dans son environnement logistique et économique.

- Il sera **multi-services** ; la priorité est de montrer la faisabilité des opérations de crédits et débits liés à la recharge des batteries ; il pourra supporter d'autres prestations : tickets de stationnement, rémunération de conducteurs et débit des consommations en convoi, location de véhicules, etc...
- Il fonctionnera **en partie double** pour donner une garantie de la mesure : les consommations prélevées 2 fois, une fois au moment de la transaction et une autre fois par relevé des compteurs du véhicule, seront rapprochées périodiquement.
- Il permettra de pratiquer de **multiples tarifs d'énergie** évolués (incluant des services intégrés ou des taxes à répartir).

## **L'architecture de système et l'association**

### **Modulowatt**

L'arrimage physique du véhicule lors de son alimentation en énergie ou lors de son déplacement en convoi implique un premier ensemble de normes et protocoles ; l'insertion du véhicule dans son environnement implique des compléments spécifiques aux techniques de (télé)communication ; l'ensemble constitue une **architecture de système cohérente**, base du déploiement du transport par véhicule électrique.

La nécessité d'une telle architecture s'impose évidemment à un groupe fermé de véhicules, par exemple pour le parc d'une ville ; mais encore plus à un parc de véhicules diversifiés opérant dans plusieurs pays.

La généralisation de véhicules électriques pose avec acuité la question d'un système cohérent d'identification ; il serait absurde et tout à fait improductif qu'il s'instaure des référentiels différents au gré des initiatives de tel constructeur ou de telle collectivité ; il existe de bons et de mauvais exemples de développements technologiques basés sur des référentiels cohérents ou non ; un exemple pertinent est celui du GSM<sup>1</sup> coordonné par la « GSM Association » ou celui du Web coordonné par le groupe W3C<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> GSM = Global System for Mobile Communications.

<sup>2</sup> W3C = World Wide Web Consortium ; il développe pour le GSM des spécifications techniques et des orientations via un processus conçu pour maximiser le consensus mondial.

### L'ambition internationale de Modulowatt

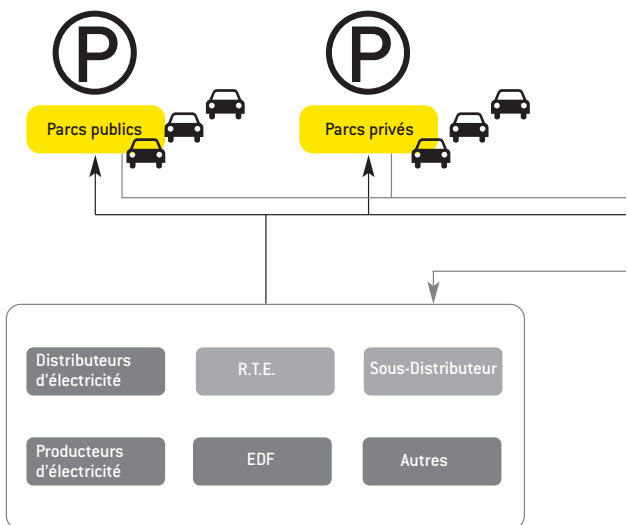
L'initiative Modulowatt vise à la mise en place d'un ensemble cohérent et concerté de normes et protocoles.

La communauté des adhérents de l'association Modulowatt s'est donné pour mission de promouvoir cette architecture.

Elle se doit de s'élargir pour progresser et convaincre ; c'est ce qu'elle ambitionne en développant le projet RÉSEAUX qui fait appel à des processus particuliers.

Facteur positif : il s'agit d'un système centralisé-décentralisé, c'est-à-dire centralisé pour les normes et protocoles généraux, décentralisé pour les modalités de réalisation, ce qui laisse beaucoup d'initiative aux parties prenantes.

### RÉSEAU « VENTE DE SERVICES » (WLAN)



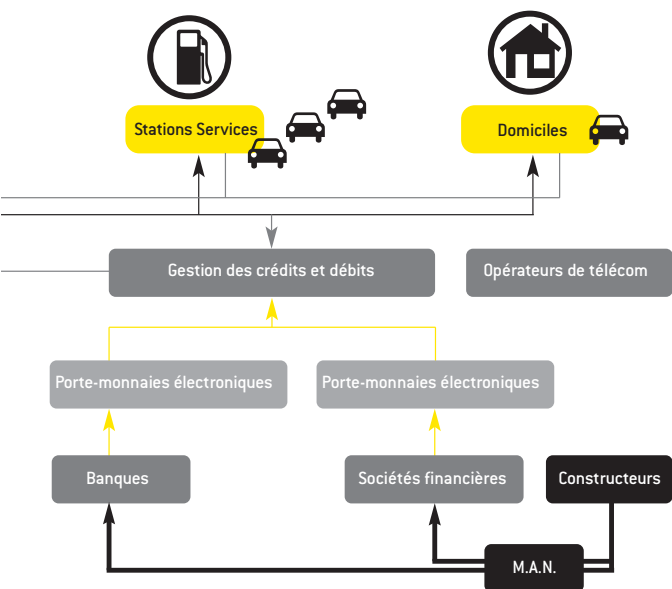
Pour sa clarté, le schéma ne représente que les échanges relatifs aux consommations d'électricité ; le même dispositif peut aussi prendre en charge d'autres prestations, les stationnements par exemple.

## Déploiements et transitions

Il y a tout d'abord l'utilisation concrète et immédiate des savoir-faire acquis au cours de la mise au point des démonstrateurs.

Ainsi, si l'appel d'offre AUTOLIB ou de prochaines opérations d'autopartage se présentent dans un horizon compatible avec les plans de Modulowatt, Modulowatt Ingénierie sera prêt à apporter son savoir faire aux compétiteurs.

Le passage vers un usage banalisé de véhicules électriques passe par une transformation profonde et progressive des métiers de l'automobile, notamment chez les constructeurs, qui devront s'adapter et trouver des activités de remplacement dans les services pour compenser la réduction d'activité industrielle par exemple sur les moteurs thermiques, ou bien risquer de disparaître.





Compléments  
**thématiques**

Ces compléments réunissent par thème des précisions utiles à l'approfondissement du dossier.

**Les thèmes retenus sont** ■

Options techniques	28
La communication	38
Partenariat	41
Enjeux, bénéfiques et bénéficiaires	42
Projet AMARE	46

# ■ Options Techniques

## Principes ■

Afin de supprimer la contrainte de recharge et rendre facile et agréable l'utilisation du véhicule électrique, l'automobiliste devra pouvoir se connecter automatiquement sur des bornes standardisées disponibles dans l'infrastructure des villes, seule condition à son adoption et sa généralisation.

La voiture électrique a donc besoin de communiquer avec son environnement mais selon un mode qui tienne compte de ses contraintes et de ses spécificités.

Fort de ces constats, Modulowatt propose une solution innovante pour résoudre la faible autonomie du véhicule électrique :

- Un système d'accrochage automatique mécanique à rendez-vous électronique d'un véhicule à une borne, d'un véhicule à un autre véhicule.
- Un plan d'adressage Modulowatt, construit autour du MAN (Modulowatt Addressing Number) et utilisé pour l'identification au moment de la connexion ; il permet le contrôle du transfert d'énergie de charge et le collationnement des informations de gestion générales : facturation, entretien, maintenance, réservation etc...

Par extension d'usage, le dispositif de couplage ainsi constitué permet également dans un premier temps, l'accrochage véhicule-véhicule en attelage monorace à des fins de repositionnement des véhicules en libre-service ou en auto-partage, la recharge automatique multi-véhicules, à des fins d'optimisation des infrastructures de charge.

Le système Modulowatt vise l'équipement de véhicules électriques et des infrastructures de recharge selon les fonctionnalités suivantes :

- Le positionnement et stationnement **automatique** à une borne de recharge.
- Le branchement et la recharge **automatisés**.
- Le **couplage de plusieurs véhicules électriques différents** entre eux.
- Le **branchement et la recharge automatisés de plusieurs véhicules électriques** à une seule et même borne.
- Le **roulage en train monorace de plusieurs véhicules électriques différents**.



1. Identification mutuelle borne/véhicule  
Positionnement véhicule/borne



2. Raccordement  
Test  
Dialogue



3. Chargement continu ou par créneau temporel  
Récépissé

**Ces fonctionnalités sont originales ; elle permettront :**

- D'automatiser la recharge d'un véhicule électrique.
- De limiter le nombre de bornes et ainsi optimiser les infrastructures de stationnement et de recharge dans le paysage urbain.
- De repositionner plusieurs véhicules électriques en libre-service ou en autopartage.
- De remorquer des véhicules électriques en panne et libérer ainsi la circulation sur la voie publique.

Modulowatt propose donc une panoplie d'outils : l'attelage, le roulage monorange, le M.A.N., les réseaux spécialisés.



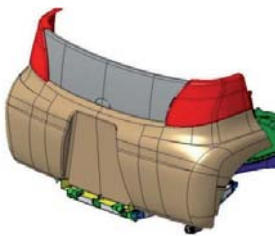
## L'attelage ■

Il est utilisé pour la charge ou la maintenance à la borne, et pour l'association avec d'autres véhicules ; il transmet :

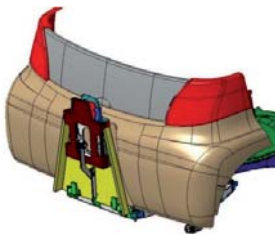
- Les efforts mécaniques.
- L'électricité.
- Les commandes de pilotage, d'accélération, de freinage,
- Les mesures des différentes consommations individuelles (énergie, stationnement etc.).

C'est un système d'accrochage mécanique automatique à rendez-vous électronique d'un véhicule à une borne, d'un véhicule à un autre véhicule.

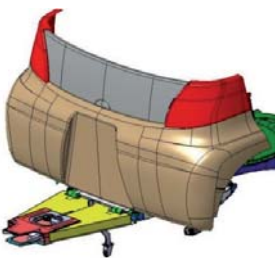
### ACCROCHE AMARE SÉQUENCE ARRIMAGE VÉHICULE-VÉHICULE CINÉMATIQUE DÉPLOIEMENT SYSTÈME ARRIÈRE



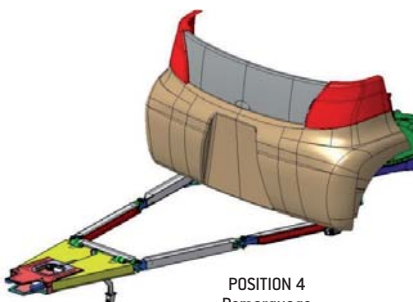
POSITION 1  
Escamotage total



POSITION 2  
Roulage



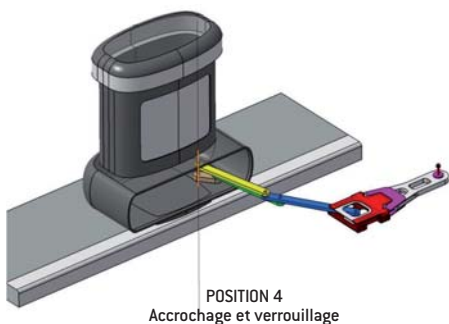
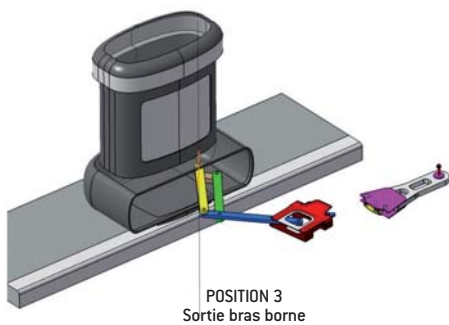
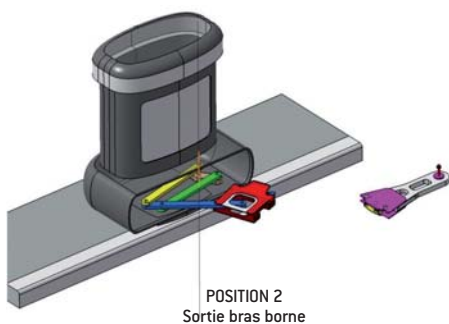
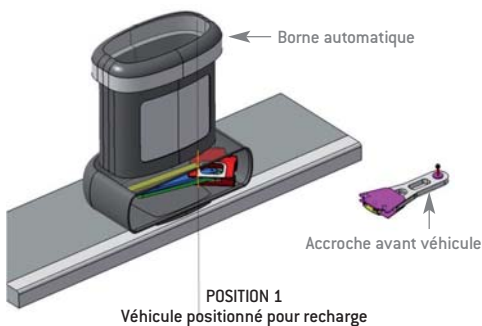
POSITION 3  
Recharge



POSITION 4  
Remorquage



ACCROCHE AMARE  
SÉQUENCE ARRIMAGE BORNE  
CINÉMATIQUE DÉPLOIEMENT BRAS



## Le M.A.N., Modulowatt Addressing Number ■

La codification du M.A.N. est constituée de 4 champs, et 16 caractères hexadécimaux

MNA	MTN
Modulowatt Numbering Authority	Modulowatt Type Number
3 caractères : XXX	3 caractères : YYY
Autorité susceptible d'attribuer un MSN Ex : un constructeur	Indique le type de véhicule ou de station de recharge tel que défini par l'association Modulowatt
4096 possibilités	4096 possibilités

Il est utilisé pour réaliser le couplage du véhicule à la borne, le couplage inter-véhicule et la régulation du convoi, et la relation avec les fournisseurs de services. Il constitue une interface de connexions et d'échanges d'informations et d'énergie ; il comporte un plan d'adressage des fonctions et des organes du véhicule électrique et de la borne. Il implique une structure assurant la sécurisation de la transmission des données.

MSN	MEN
Modulowatt Serial Number	Modulowatt Extension Number
7 caractères : ZZZZZZ	3 caractères : EEE
Attribué par une MNA	Donne accès aux différents organes et fonctions du véhicule tels que définis et mis à jour par l'association Modulowatt
268 435 456 possibilités	4096 possibilités

Il permet d'identifier et de router les informations entre le véhicule électrique et son environnement, par exemple :

→ **Des signaux de contrôle**

Pédale de frein <= Véhicule <-> Véhicule => Freinage  
(en convoi).

→ **Des informations pour des services**

Electricité <= Borne <-> véhicule => Batterie (charge  
d'un véhicule).

→ **Des messages de Communication**

Voix <= véhicule <-> véhicule => Haut-parleur :  
(information en convoi).

C'est grâce à ces informations qu'un utilisateur peut, par exemple :

→ Lancer des autotests.

→ Avoir sa facture d'électricité ou un ticket de stationnement.

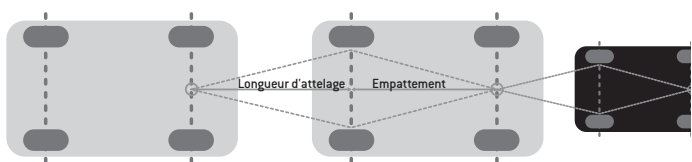
→ Piloter un attelage de véhicules hétérogènes ou partager des temps de recharge.

→ Obtenir divers services tels que cartographie, réservations, musique.

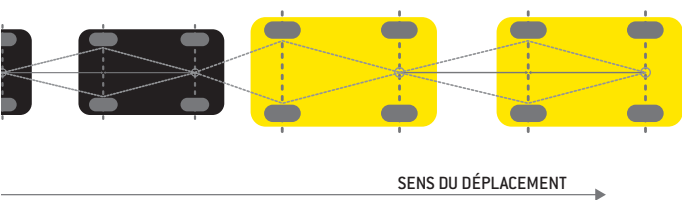
## Le roulage monotrace ■

Il est utilisé pour faciliter la circulation des convois lors du repositionnement des véhicules en libre-service ou en autopartage, ou pendant le recharge automatique multi-véhicules et l'optimisation des infrastructures de charge.

Il est constitué d'un dispositif mécanique qui couple les véhicules de manière adéquate et sûre, et transmet énergies et informations : l'attelage Modulowatt. Sa cinématique est basée pour l'essentiel sur le « théorème du losange » : on peut, en effet, démontrer que lorsque la longueur d'attelage est égale à son empattement, le véhicule tracté passe dans la trace du véhicule précédent ; un dispositif breveté par Modulowatt permet d'ajuster la longueur d'attelage à l'empattement du véhicule tracteur.



On peut démontrer que lorsque la longueur de l'attelage est égale à l'empattement du véhicule tracteur, le véhicule tracté passe dans la trace du véhicule précédent.



Un dispositif breveté par Modulowatt permet d'ajuster la longueur d'attelage à l'empattement du véhicule tracteur.

# ■ La communication

## Les réseaux ■

Les transmissions se font via différents réseaux de communication utilisés individuellement ou conjointement.

**Modulowatt a choisi :**

- De s'appuyer sur les réseaux locaux habituellement présents dans le véhicule (réseaux dits « embarqués ») et sur les infrastructures générales de télématique.
- De les compléter par :
  - un réseau de contrôle spécialisé qui permettra d'identifier le véhicule et ses composants (via le M.A.N), de réaliser l'arrimage, la charge électrique et sa mesure,
  - un réseau qui assurera une liaison fiable et entre les différents véhicules d'un convoi,
  - des fonctionnalités qui permettront de gérer les consommations et d'en effectuer le paiement.

Ainsi selon Modulowatt l'ensemble des réseaux associés au véhicule électrique est conceptuellement constitué comme suit :

- **les réseaux embarqués dans le véhicule qui permettent :**
  - de gérer les mécanismes,
  - d'assurer la sécurité et le confort,
  - d'assurer les communications de navigation et de loisirs.

A ceux-ci viennent s'ajouter les dispositifs de contrôle Modulowatt nécessaires pour :

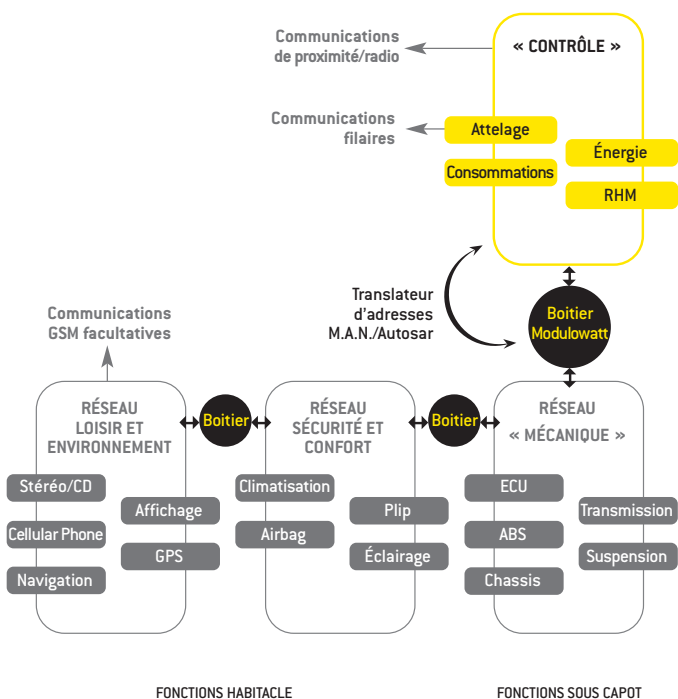
- Identifier le véhicule (via le M.A.N), réaliser l'arrimage, la charge électrique et sa mesure.
- Assurer une liaison fiable entre les différents véhicules d'un convoi.

**Ces réseaux peuvent être rassemblés sous l'appellation de réseaux locaux (LAN)** quelle que soit la technologie employée pour les réaliser.

- **les réseaux généraux externes au véhicule qui permettent :**
  - de gérer les consommations et d'en effectuer le paiement,
  - de faciliter la navigation,
  - d'accéder, via Internet notamment à des ressources informationnelles ou de loisir.

## ACCÈS MW AUX RÉSEAUX LOCAUX EMBARQUÉS

### FONCTIONS SPÉCIFIQUES MW



Aux consommations d'énergie peuvent s'ajouter les tickets de stationnement et autres services opérationnels.

Ces réseaux peuvent être rassemblés sous l'appellation de réseaux globaux (WAN) quelle que soit la technologie employée pour les réaliser.

Les codes et protocoles utilisés par les réseaux constituent un sous ensemble du référentiel de normes et de protocoles généraux liés au véhicule électrique.



## ■ Partenariat

### Les partenaires actuels ■

**MODULOWATT** (association Loi 1901)  
[Gouvernance]

**MODULOWATT**  
INGENIERIE  
[Porteur du projet, coordination et direction de projet]

**iCOM**  
[Gestion, planning et budget]



[Constructeur automobile]



[Fabricant de borne]



[Domaine Aide à la Conduite]



[Automatisme et conduite monotrace virtuelle]



[Expérimentation, Test et Validation]



[conception et réalisation du système d'attelage, intégration]



[adaptation et transformation de véhicules thermiques en véhicules électriques]

### Les brevets ■

Les brevets Modulowatt permettent à la fois

- D'accoupler de deux à cinq véhicules.
- D'échanger du courant, donc de partager les bornes, de dépanner les véhicules.
- D'assurer la sécurité puisque le véhicule de tête commande les freins des autres véhicules.

## ■ Enjeux, bénéfices et bénéficiaires

### Enjeux ■

Lors des Etats Généraux de l'Automobile, le 20 janvier 2009, il a été retenu que : le véhicule électrique constitue un véritable enjeu industriel avec la nécessité de massifier les demandes pour proposer ainsi un volume d'achat attractif. Le seuil pour atteindre une production industrielle de véhicules électriques est estimé à 100 000 unités sur 5 ans. Cet objectif cible correspond aux commandes potentielles des entreprises privées et publiques, à celles des collectivités et de l'Etat, en France, auxquelles il est envisageable d'ajouter, au moins partiellement, celles d'entreprises des secteurs d'activités plus particulièrement concernés, en Europe (secteur postal, livraison, transport...)

Les projets nationaux résultant du Grenelle-2 de l'environnement donnent comme objectif de référence un programme de développement du véhicule électrique conduisant à une production de 100 000 véhicules d'ici 2015, à 1 000 000 en 2020 et à 25% du parc en 2050 ; ce programme est soumis à des conditions strictes ; la plus forte est sans doute de ne pas dépasser les capacités de production d'électricité fixes installées, ce qui conduirait à faire appel à de l'électricité d'appoint en heure de pointe produite de manière moins propre que l'électricité nucléaire.

Même si ces objectifs quantitatifs sont ambitieux et ne permettent pas de faire une étude économique définitive, il est clair que l'orientation est prise et que tout dispositif, qui pourra **faciliter réellement le déploiement des infrastructures et des spécificités nécessitées par le véhicule électrique**, trouvera sa place ; et mieux encore, si, au-delà de la question de la charge qui est inhérente à ce mode de transport, il remplit les conditions énumérées à savoir de **faciliter le covoiturage, l'autopartage, le transport multimodal**.

Ce sont ces facilités que Modulowatt propose.

## **Retombées économiques** ■

### **1) Le projet AMARE permettra de réaliser plusieurs produits :**

- Un connecteur à système de verrouillage avec une partie mâle en face avant du véhicule et une partie femelle à mettre sur le bras de borne (Groupe Chastagner).
- Un attelage arrière permettant soit de tracter simplement des véhicules thermiques pour le repositionnement de flottes de loueurs, soit, lorsqu'il est équipé du connecteur cité ci-dessus, de commander des véhicules électriques (Groupe Chastagner).
- Un savoir-faire dans la transformation de véhicules thermiques en électriques et l'automatisation de leurs commandes (ADM Concept).
- Une gamme de bornes de recharge automatisées qu'il s'agisse de bornes de recharge pour des véhicules à commandes manuelles dont le positionnement est seulement assisté par des guides mécaniques comme les stations de lavage, soit de stations destinées à des véhicules équipés de l'assistance au parking automatique (DBT).
- Un système d'assistance au parking automatique de véhicules avec l'interface homme-machine correspondant (Valeo).
- Une proposition de norme de positionnement du connecteur avant sur les véhicules électriques pour préparer l'avènement de l'ère Modulowatt.

### **Il permettra également d'acquérir des connaissances importantes :**

- Sur le comportement routier de véhicules en convoi (INRIA).
- Sur les relations homme-machine en situation d'assistance.
- Sur les modifications réglementaires souhaitables pour faciliter la circulation de véhicules attelés.

**Le projet servira en outre à faire la promotion de la vision Modulowatt et donnera un premier cadre de normalisation.**

**2) En parallèle, il est prévu de lancer le projet RÉSEAUX** portant sur les aspects réseaux et paiements ; sa base d'identification sera le plan d'adressage Modulowatt (voir diagramme M.A.N. dans la fiche Options Techniques)

Rappelons qu'à terme, le but de Modulowatt est de mettre en place une structure de type GSM Forum dans laquelle les principaux partenaires contrôleraient le plan de numérotage. Ils paieraient une cotisation pour pouvoir opérer sur **le réseau qui doit rester réservé au monde de l'automobile pour assurer une certaine sécurité.**

- Si on compte 1 milliard de voitures dont 10% d'électriques en 2040, cela fait au moins 200 millions de connecteurs à produire à un prix de 5 euros, soit un marché d'1 milliard.
- En admettant que 100 millions de véhicules nécessitent 20 millions de bornes à 1 000 euros, le marché atteint 20 milliards.
- L'objectif de prix de l'attelage et de l'assistance à la conduite est de 300 euros par véhicule.

Il est encore un peu tôt pour savoir quelle part de ce marché peut être prise par les constructeurs nationaux.

### **Quelques bénéfiques** ■

#### **Un exemple : Intérêt économique de la borne multi-véhicules**

La borne Modulowatt permet la recharge de 5 véhicules au lieu de 2 grâce à l'attelage.

Le surcoût véhicule du bras escamotable est largement compensé par la réduction de la capacité batterie nécessaire.

Pour un parc de véhicules en France estimé à 35 millions en 2020, et pour un taux de véhicules électriques estimé à 2% à la même date, soit 700 000, l'ordre de grandeur du gain estimé sur les infrastructures est de 400 millions d'euros, soit plus de la moitié des investissements à faire.

Comme la vitesse de croissance des parcs est incertaine, on peut simplement évaluer le gain pour une augmentation du parc de véhicules électriques de 100 000 unités, ce qui correspondrait actuellement à 0.2% du parc et à 5% des ventes annuelles soit 192 millions d'euros pour 100 000 véhicules électriques ; ce gain ne porte pas sur les bornes à domicile.

## Bénéficiaires directs et industriels ■

- Les utilisateurs eux-mêmes.
- Les acteurs des flux d'activités concernés par la filière automobile peuvent tous tirer avantage des retombées citées ci-dessus.

Selon la note ministérielle du 20 janvier 2008, la filière industrielle française du véhicule électrique pourrait s'articuler autour de huit blocs majeurs qui tireraient bénéfice d'une action anticipatrice et coordonnée du passage au moins partiel au véhicule électrique :

- **Les constructeurs automobiles** (PSA et Renault).
- **Les développeurs et fournisseurs des équipements de la chaîne de traction** dont :
  - Valeo (architecture électronique, équipements, instrumentation, intégration système, synthèse de la chaîne de traction)
  - Michelin (liaison au sol, pneumatiques)
  - Dassault (architecture électronique pour commande batteries et auxiliaires)
  - ST Microelectronics et Freescale (électronique de puissance)
  - Leroy Somer, Thalès, Michelin (moteurs électriques dont moteurs-roues)
- **Les développeurs et fournisseurs de batteries** (CEA, Saft, Bolloré, Dassault, EDF...).
- **Les transformateurs et assembleurs de petites séries** (Aixam, Gruau, Heuliez, Ligier...).
- **Les agrégateurs de demande** (La Poste, EDF, Veolia, RATP, Avis, SNCF).
- **Les collectivités locales, l'État** pour leurs propres flottes, le financement et la gestion de flottes tierces.
- **Les fournisseurs d'équipements et de services d'aides à la circulation et l'usage** (Veolia, Transdev, Thalès...) pour la coordination globale des exploitations, le positionnement et la localisation, la transmission de données, le guidage, la réservation...
- **Les fournisseurs d'infrastructures électriques** (EDF, Areva, GDF Suez, Schneider électric...) pour le réseau, les bornes de rechargement, le comptage, le stockage.
- **Les fournisseurs d'infrastructures urbaines** (Vinci, JC Decaux...) pour les parkings, les interfaces clients, la maintenance, le repositionnement des véhicules...

## ■ Projet AMARE

**Modulowatt** propose une solution transverse, innovante et collaborative afin de réduire la faible autonomie du véhicule électrique, visant l'équipement de véhicules électriques et des infrastructures de charge. Elle répond aux contraintes de branchement et aux besoins de communication spécifiques du véhicule électrique afin de faciliter son intégration et de généraliser son usage.

Afin de concrétiser cette démarche, l'association Modulowatt a créé une société opérationnelle, **Modulowatt Ingénierie**, société d'ingénierie, chargée d'aider les différents acteurs de la filière électromobile à développer les différents concepts Modulowatt sur un plan industriel. Modulowatt Ingénierie s'est associée à un constructeur automobile français (AIXAM MEGA), une société de conseil en ingénierie et d'assistance en maîtrise d'ouvrage (4icom), un équipementier (Valeo), un fabricant de bornes de recharge (DBT), une société d'ingénierie automobile (ADM Concept), un groupe industriel (Groupe Chastagner) et des laboratoires de recherche (INRIA et l'EIGSI) pour présenter et coordonner le projet de démonstrateur, appelé AMARE dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) sur « les véhicules routiers à faibles émissions de gaz à effet de serre », lancé par l'ADEME le 26 juin 2009.

Ce démonstrateur composé de 3 véhicules électriques de marques différentes et d'une borne de recharge à couplage automatique devra valider les fonctionnalités suivantes :

- Le stationnement automatique à une borne de recharge.
- Le branchement et la recharge automatisés.
- Le couplage de plusieurs véhicules électriques différents entre eux.
- Le branchement et la recharge automatisés de plusieurs véhicules électriques à une seule et même borne.
- Le roulage en train monorail de plusieurs véhicules électriques différents en milieu urbain.

### Ces fonctionnalités permettront :

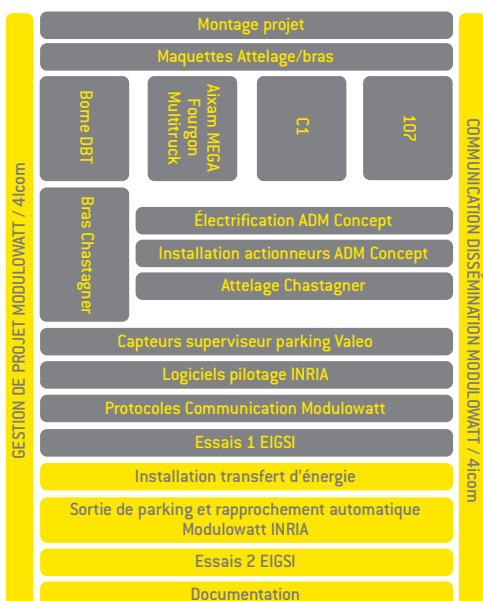
- D'automatiser la recharge d'un véhicule électrique.
- De limiter le nombre de bornes et ainsi optimiser les infrastructures de stationnement et de recharge dans le paysage urbain.
- De repositionner plusieurs véhicules électriques en libre-service ou en autopartage.
- De remorquer des véhicules électriques en panne et libérer ainsi la circulation sur la voie publique.

Le projet est construit sur 30 mois.

Le consortium AMARE a décidé de présenter au Mondial 2010 une borne automatique et trois véhicules électriques différents, attelés en convoi :

- DBT fournira une borne.
- AIXAM-MEGA fournira un petit utilitaire, le fourgon Mega Multitruck.
- ADM Concept électrifiera deux véhicules thermiques Peugeot (107)/ Citroën (C1). Cette société installera également des actionneurs sur les commandes.
- le Groupe Chastagner réalisera le dispositif d'accrochage de la borne et des véhicules.
- Valeo les équipera de capteurs et d'un superviseur de pilotage.
- L'INRIA développera les logiciels d'approche automatique.
- l'EIGSI réalisera les plans d'essais et Modulowatt Ingénierie supervisera l'ensemble du projet avec l'aide de 4icom.

### SCHÉMA DIRECTEUR DU PROJET



## Phasage ■

Dans une première phase (Septembre 2010), il permettra de valider la capacité :

- D'un véhicule électrique à se brancher automatiquement à une borne de recharge.
- De plusieurs véhicules électriques à s'accrocher automatiquement les uns derrière les autres en stationnement.
- De plusieurs véhicules électriques accrochés les uns derrière les autres en stationnement à se brancher à une seule et même borne de recharge.
- De plusieurs véhicules électriques différents à rouler en attelage monotrace en milieu urbain.

Il n'aura pas de transfert d'énergie mais les capacités de connexion permettant la recharge seront installées. Pour réaliser le couplage du véhicule à la borne, le couplage inter-véhicule et la régulation du train, il sera nécessaire de développer un système d'adressage des fonctions et des organes du véhicule électrique et des infrastructures de recharge.

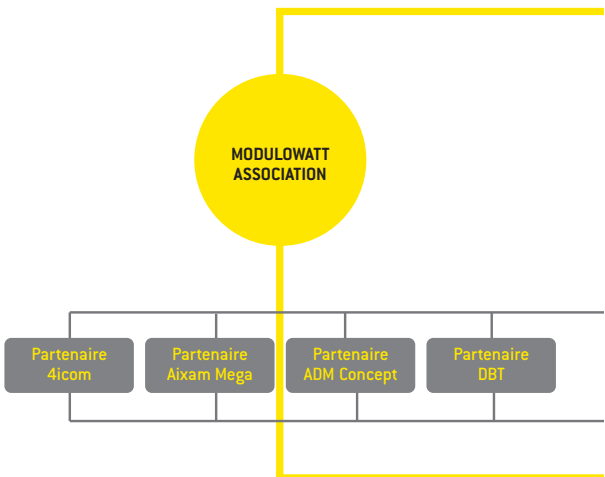
Dans une deuxième phase (Septembre 2011), il permettra de valider :

- La recharge du véhicule électrique à la borne (transfert d'énergie).
- La recharge à une seule et même borne de plusieurs véhicules électriques accrochés les uns aux autres (transfert d'énergie séquencé).
- La sortie automatique d'un véhicule électrique intermédiaire dans une file de véhicules attelés en stationnement de charge à une même borne.
- Le repositionnement automatique des véhicules après sortie du véhicule intermédiaire pour reformer l'attelage et poursuivre la recharge automatique.

Le système d'adressage intégrera également les besoins identifiés par les autres programmes entre constructeurs et énergéticiens pour l'adressage des fonctions de recharge des véhicules.

Le partage d'une même borne pour la recharge électrique de véhicules impose d'étudier l'algorithme de rechargement indépendamment du type de véhicules et des batteries.

## GOVERNANCE AMARE



A partir des spécifications de bornes à connexions multiples existantes, il faudra définir les spécifications nécessaires au transfert d'énergie et des informations dans le cadre d'une borne alimentant un train de voitures.

Pour valider la **pertinence de la démonstration**, il a été décidé de compléter le démonstrateur par une présentation 'en vraie grandeur', à partir de véritables véhicules électriques.

Elle sera plus représentative à la fois pour le retour d'expérience mais aussi l'impact visuel et sociétal sur les personnes qui assisteront aux démonstrations lors du Mondial de l'Automobile en 2010.

Le système d'accrochage est une fonctionnalité nouvelle apportée au véhicule électrique, il faut en valider le fonctionnement, l'ergonomie pour l'utilisateur, et l'acceptation par les personnes non utilisatrices.

Le choix des partenaires est lié à leurs compétences et aux travaux déjà réalisés, notamment sur le système de parking automatique de véhicules (Park assist), les bornes de recharge pour véhicules électriques et dans les langages utilisés pour la communication et les commandes de systèmes automatiques.

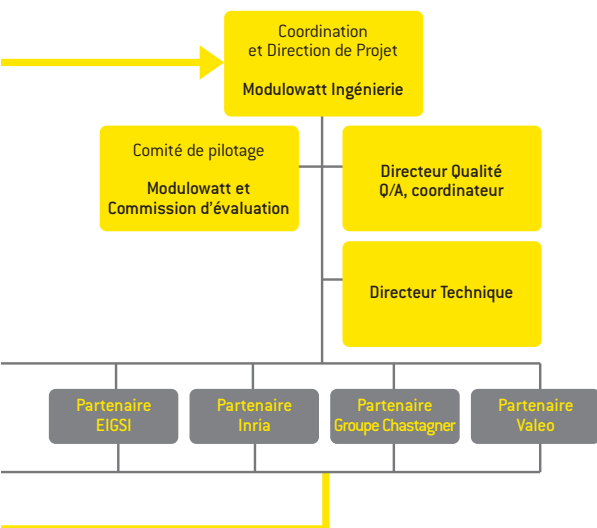
L'attelage de plusieurs véhicules entre eux est nécessaire pour permettre le repositionnement des véhicules de flotte ou en libre-service, il est donc indispensable de valider la sûreté du fonctionnement, sa compatibilité avec la circulation urbaine et l'acceptation par les autres usagers.

### A l'issue du projet, Modulowatt aura défini ■

- Le connecteur et sa mécanique de verrouillage.
- Une mécanique d'attelage.
- Un système de localisation proche.
- Le pilotage de véhicules réels à basse vitesse.
- Les interfaces homme-machine.

### Organisation du projet ■

Décrite dans le dossier AMI figure ci-dessous ; elle s'inscrit dans le cadre de l'Association Modulowatt, qui nomme le comité de pilotage du projet AMARE.







## **MODULOWATT**

**Alain Bernard**

Fondateur

T. +33 (0)1 46 47 53 50

M. +33 (0)6 08 06 37 13

E. [alain.bernard@modulowatt.com](mailto:alain.bernard@modulowatt.com)

**Karim Tamarat**

Directeur Opérationnel

T. +33 (0)1 46 47 53 50

M. +33 (0)6 62 47 63 15

E. [karim.tamarat@modulowatt.com](mailto:karim.tamarat@modulowatt.com)

**Paola Bénétou**

Chef de Projet

T. +33 (0)1 46 47 53 50

M. +33 (0)6 42 32 78 62

E. [paola.beneton@modulowatt.com](mailto:paola.beneton@modulowatt.com)



## **MODULOWATT**

64bis, avenue de New York / 75016 Paris

T . +33 (0)1 46 47 53 50

F . +33 (0)1 42 24 45 07

W . [www.modulowatt.org](http://www.modulowatt.org)

E . [contact@modulowatt.org](mailto:contact@modulowatt.org)